·综述与专论·

人工智能在炎症性肠病患者营养管理中应用的范围综述

李伊婷[1]，徒文静[1]，尹婷婷[1]，梅紫琦[1]，张苏闽[2]，王萌[1]，徐桂华[1*]

1.210023 江苏省南京市，南京中医药大学护理学院
2.210022 江苏省南京市，南京中医药大学附属南京市中医院肛肠科
*通信作者：徐桂华，教授/博士生导师；E-mail：7115@njucm.edu.cn
注：李伊婷和徒文静共同为第一作者

【摘要】 **背景** 饮食与炎症性肠病（IBD）的发生、发展及预后密切相关。在缺乏具体膳食营养指南建议的前提下，IBD 患者的营养管理充满挑战和不确定性。现有研究表明人工智能（AI）在慢性病患者营养管理领域展现出良好的应用前景，但目前针对其在 IBD 患者营养管理领域应用的研究有限。**目的** 对人工智能在 IBD 营养管理领域中应用的研究进行范围综述。**方法** 系统检索 PubMed、Web of Science、Embase、Cochrane Library、CINAHL、IEEE Xplore、Association for Computing Machinery Digital Library、中国生物医学文献数据库、中国知网、万方数据知识服务平台及维普中文期刊数据库等中文数据库，筛选关于人工智能在 IBD 患者营养管理中应用的研究，检索时限为建库至 2024 年 3 月。由 2 名研究者根据纳排标准独立筛选文献并提取文献的基本特征。**结果** 共纳入 15 篇文献。人工智能在该领域的应用包括探索饮食与疾病的相互关系、协助营养评估和辅助营养干预。人工智能技术以机器学习为主，其他还包括自然语言处理、深度神经网络等。**结论** 人工智能有助于探索 IBD 患者健康饮食模式及患者个性化营养指导，但目前在 IBD 营养管理领域的应用处于初步阶段，未来有必要加强多学科间合作，注重融合临床指南及其在临床中评估其应用效果，以确保结果的严谨性和准确性。

【关键词】 炎症性肠病；人工智能；营养；范围综述
【中图分类号】 R 574　【文献标识码】 A　DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0276

Application of Artificial Intelligence in Nutritional Management of Patients with Inflammatory Bowel Disease：a Scoping Review

LI Yiting[1]，*TU Wenjing*[1]，*YIN Tingting*[1]，*MEI Ziqi*，*ZHANG Sumin*[2]，*WANG Meng*[1]，*XU Guihua*[1*]
1.School of Nursing，Nanjing University of Chinese Medicine，Nanjing 210023，China
2.Colorectal Disease Center，Nanjing Hospital of Chinese Medicine Affiliated to Nanjing University of Chinese Medicine，Nanjing 210022，China
**Corresponding author：XU Guihua，Professor/Doctoral supervisor；E-mail：7115@njucm.edu.cn*
Note：LI Yiting and TU Wenjing are co-first authors

【Abstract】 **Background** Diet plays a critical role in the development，progression and prognosis of inflammatory bowel disease（IBD）. Given that specific nutritional guidelines are limited，nutritional management for patients with IBD remains challenging and fraught with uncertainty. Although previous studies have demonstrated that artificial intelligence（AI）shows promising applications in the nutritional management of patients with chronic diseases，research specifically focused on its application in the nutritional management of patients with IBD remains limited. **Objective** To conduct a scoping review of studies on AI in nutrition management of patients with IBD. **Methods** Following the methodology of scoping reviews，the databases of PubMed，Web of Science，Embase，Cochrane Library，CINAHL，IEEE Xplore，Association for Computing Machinery Digital Library，SinoMed，CNKI，Wanfang Data，and VIP were systematically searched from inception to March 2024 for studies on the application of AI in the nutritional management of patients with IBD. According to the established inclusion and

基金项目：国家自然科学基金资助项目（72204124）；江苏省研究生实践创新计划资助项目（SJCX24_0818）
引用本文：李伊婷，徒文静，尹婷婷，等. 人工智能在炎症性肠病患者营养管理中应用的范围综述［J］. 中国全科医学，2024. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0276.［Epub ahead of print］［www.chinagp.net］
LI Y T，TU W J，YIN T T，et al. Application of artificial intelligence in nutritional management of patients with inflammatory bowel disease：a scoping review［J］. Chinese General Practice，2024.［Epub ahead of print］.

exclusion criteria, two investigators independently screened the literature, and the basic characteristics of the selected studies were extracted. **Results** A total of 15 studies were included. The applications of AI in this field include exploring the relationship between diet and IBD, assisting in nutritional assessment, and aiding nutritional interventions. The majority of utilization AI technologies in the included studies are machine learning, with some also employing additional techniques such as natural language processing and deep neural networks. **Conclusion** AI is beneficial for exploring healthy dietary patterns for patients with IBD and providing personalized nutritional guidance. However, its application in the field of nutritional management in patients with IBD is still in its infancy. Future efforts should focus on strengthening multidisciplinary collaboration, emphasizing the integration of clinical guidelines, and assessing the effectiveness of AI applications in clinical settings to enhance the rigor and accuracy of the results.

【Key words】 Inflammatory bowel disease; Artificial intelligence; Nutrition; Scoping review

炎症性肠病（inflammatory bowel disease，IBD）主要包括克罗恩病（Crohn's disease，CD）和溃疡性结肠炎（ulcerative colitis，UC），是一组以腹痛、腹泻、黏液血便为主要症状的慢性非特异性炎症性疾病。近 30 年，我国 IBD 患病人数增加了 91.1 万人，且目前发病率仍未达峰值，未来疾病负担将进一步加重[1]。目前 IBD 病因尚不明确，饮食作为重要的环境因素，与 IBD 的发生、发展及预后密切相关[2]。由于证据有限，现有指南均未形成适合 IBD 患者的膳食模式[3-5]。因此，IBD 患者普遍关心的问题"吃什么、怎么吃"，目前尚无确切答案。在缺乏具体饮食建议的前提下，IBD 患者的营养管理充满挑战和不确定性[6-7]，部分患者甚至产生进食恐惧[8]。此外，由于专业指导不足、非专业化信息干扰等原因，IBD 患者存在诸如营养摄入不足、回避限制性饮食行为及盲目遵循饮食模式等诸多营养问题[9-10]。这些营养问题会增加患者营养不良风险增加，进而造成并发症和手术风险增高、住院时间延长及免疫力降低等不良健康结局[11]。随着人工智能（artificial intelligence）在医学领域的快速发展，其在营养管理领域展示出了良好的应用前景：不仅能够为患者提供营养评估、营养诊断、营养相关风险筛查及预测[12]，还能根据患者营养状况、身体状况提供个性化营养建议，实现自动化、科学的营养管理[13-14]。检索国内外人工智能在 IBD 患者营养管理中的应用研究，发现目前人工智能在该领域的应用包括营养评估[15]、饮食模式探索[16]及饮食指导[17]等，但对这些人工智能技术进行分类和应用效果总结的研究较少。范围综述侧重于探索某一类研究的范围和程度，对现有研究进行知识汇总并指出不足之处，相较于传统研究方法其证据水平更高且适用于新兴领域[18]。因此，本研究以范围综述研究方法[19]为指导，对人工智能在 IBD 患者营养管理中的应用进行汇总分析，以期为医护人员开展相关研究提供参考。

1 资料与方法

本研究以 ARKSEY 等[19]提出的范围综述为指导，遵循范围综述报告的 PRISMA 扩展版清单（PRISMA extension for scoping review，PRISMA-ScR）进行报告[20]。研究方案已在开放科学框架（Open Science Framework，OSF）平台进行注册（DOI：https://doi.org/10.17605/OSF.IO/6SJDQ）。

1.1 人工智能定义

人工智能是一个广义术语，尚未形成统一的概念定义。本文中人工智能主要指通过计算机算法来模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及其应用系统，进而使计算机能够实现推理问题、执行任务、自主反映等一系列智能活动[21]。在医学领域中，机器学习（machine learning）、计算机视觉（computer vision）、自然语言处理（natural language processing）等人工智能技术应用较为广泛。其中，机器学习主要运用于处理结构化医疗数据，自然语言处理运用于临床记录、电子病历等非结构化数据[22]，而计算机视觉在处理医学影像等图像数据具有独特优势[23]。本研究涉及人工智能是指由人类设计的软件或硬件系统，根据人类设定的目标及收集到的结构化或非结构化数据，能够模拟人类的意识和思维过程，做出与人类类似的反应和行为[24]。

1.2 明确研究问题

本范围综述提出的研究问题主要为：（1）人工智能在 IBD 患者营养管理中应用的技术包括什么？（2）人工智能在 IBD 患者营养管理中应用的场景有哪些？（3）如何评价人工智能在 IBD 患者营养管理中的应用效果？

1.3 检索策略

系统检索 PubMed、Web of Science、Embase、Cochrane Library、CINAHL、IEEE Xplore、Association for Computing Machinery Digital Library、中国生物医学文献数据库（SinoMed）、中国知网（CNKI）、万方数据知识服务平台（Wanfang Data）及维普中文期刊数据库（VIP）等中文数据库，筛选关于人工智能在 IBD 患者营养管理中应用的研究，检索时限为建库至 2024 年 3 月。中文检索式以万方数据知识服务平台为例：（炎症性肠

病 OR 炎性肠疾病 OR 炎性肠病 OR 溃疡性结肠炎 OR 克罗恩病）and（食物 OR 营养 OR 食谱 OR 饮食 OR 菜）and（人工智能 OR 机器智能 OR 数据挖掘 OR 模糊算法 OR 神经网络 OR 贝叶斯网络 OR 文本挖掘 OR 模糊逻辑 OR 知识表达 OR 机器学习 OR 深度学习 OR 自然语言处理 OR 非自然语言处理 OR 随机森林 OR 支持向量机 OR 算法）。英文检索式以 PubMed 为例，具体检索式见表 1。

表 1 PubMed 检索策略
Table 1 Search strategies of PubMed

步骤	检索式
#1	（"Neural Networks，Computer"［Mesh］）OR（"Fuzzy Logic"［Mesh］）OR（"Expert Systems"［Mesh］）OR（"Data Mining"［Mesh］）OR（"Algorithms"［Mesh］）
#2	（artificial intelligence* OR computational intelligence* OR machine intelligence* OR automated reasoning OR bayesian network* OR bayes network* OR naive bayes OR bayesian learning OR computer heuristic* OR computer reasoning OR data mining OR text mining OR expert system* OR fuzzy logic OR fuzzy cognitive OR knowledge representation* OR knowledge acquisition* OR machine learning OR learning machine* OR natural language processing* OR neural network* OR deep learning OR support vector* OR hidden markov model* OR random forest* OR random decision forest* OR supervised learning OR unsupervised learning OR autoencoder* OR Generative adversarial network* OR reservoir computing OR shallow learning OR echo state network* OR case-based reasoning OR metaheuristic* OR soft computing OR approximate reasoning OR evolutionary computing OR genetic algorithm* OR bio-inspired algorithm*）
#3	（#1 OR #2）
#4	（inflammatory bowel disease* OR Crohn* disease OR ulcer* colitis）OR（"Inflammatory Bowel Diseases"［Mesh］）
#5	#5（meal OR food OR nutri* OR recipe* OR diet* OR eating）ti/ab
#6	#3 AND #4 AND #5

1.4 文献纳入与排除标准

纳入标准根据 PCC 原则[25]，即研究对象（participants）、概念（concept）、情景（context）确定标准。纳入标准：（1）研究对象包括确诊为 IBD 的患者；（2）研究内容涉及人工智能在 IBD 患者饮食管理领域中的应用；（3）包括算法或模型构建、可用性评价或应用研究。排除标准：（1）综述类研究；（2）无全文的会议摘要；（3）非中英文文献。

1.5 文献筛选和资料提取及偏倚风险评估

导入 NoteExpress 去除重复文献，由 2 名经过培训的研究者独立阅读标题和摘要对文章进行初筛，对初筛后文献阅读全文后再次筛选；若有分歧，则与第 3 名研究者进行讨论决定最终是否纳入。对纳入文献进行资料提取，内容主要包括第一作者、发表年份、国家及伦理情况、数据来源、人工智能技术、构建方法、应用效果、研究对象、样本量、评价方法及技术阶段。

2 结果

2.1 文献筛选结果

检索获得文献 2 150 篇，经去重、阅读题目和摘要及全文，最终纳入 15 篇文献[15-17，26-37]。文献筛选流程及结果见图 1。

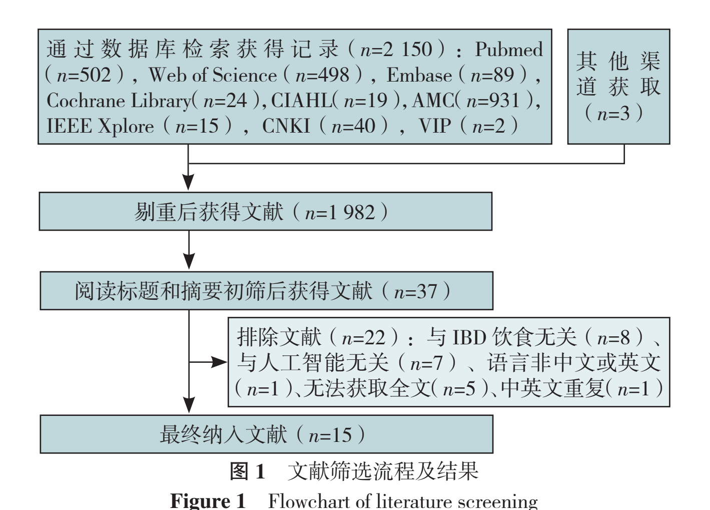


图 1 文献筛选流程及结果
Figure 1 Flowchart of literature screening

2.2 纳入文献基本特征

15 篇文献发表时间为 2015—2023 年。研究区域分布中北美洲 6 篇[16-17，26，30，32]、亚洲 5 篇[28，31，33 35，37]、欧洲 4 篇[15，29，34，36]；研究内容包括数据分析研究 3 篇[16，28，30]、文本分析研究 3 篇[26，33，35]、可用性验证研究 3 篇[17，31，37]；模型构建研究 1 篇[15]；算法/模型构建与验证研究 4 篇[29，32，34，36]。多数研究（13/15，86.7%）使用单一人工智能方法（非混合），其余（2/15，13.3%）使用混合人工智能方法。常用的方法是机器学习（9/15，60.0%）。纳入文献的基本特征见表 2、3。

2.3 人工智能应用现状

2.3.1 探索饮食与疾病间的关系：5 项研究[16，27-28，30-31]使用人工智能技术探索饮食与疾病的关系。随机森林、贝叶斯网络、K-means 聚类算法等机器学习算法用于分析复杂的临床和饮食营养数据。PAN 等[28]利用随机森林算法和 Logistic 回归探索了 869 名确诊为 CD 患者中 L4 型 CD 的临床特征和其与营养状况的相关性，结果发现 L4 型 CD 患者在确诊时常伴有较高的体质量和 BMI、血清白蛋白升高和低血清铁含量。JONES 等[27]利用 132 份接受纯肠内营养（exclusive enteral nutrition，EEN）治疗的 CD 患儿的粪便样本检测数据和临床数据构建随机森林模型，用于预测接受 EEN 治疗的患儿是否达到维持缓解期，该模型曲线下面积（AUC）为 0.9，预测效能较佳。

KAPLAN 等[16]进行了系列单病例对照研究比较特殊碳水化合物饮食（specific carbohydrate diet，SCD）、改良的 SCD 与正常饮食在改善炎症状态的效果，使用贝叶斯广义线性模型（Generalize Linear Model，GLM）



表 2 算法 / 模型构建的文献基本特征（n=11）
Table 2 General characteristics of algorithm/model construction studies

第一作者	发表时间（年）	国家	人工智能技术	数据来源	数据量	数据类型	应用 / 构建方法	结果	伦理	技术阶段
BLAJOVAN 等[15]	2023	罗马尼亚	①	食物图片库	101 000	A、B	使用 DNN 构建两种食物图片识别模型	研发了一款专门用于有饮食限制患者的食物识别并评估营养摄入，其中食物识别准确率约为 74.6%，延迟时间为 637 ms	Ⅲ	模型构建
PAN[28]等	2020	中国	②	CD 患者	869	C、D	将有意义变量纳入 RF 算法计算 MDG，根据数值排序筛选出对 L4 型 CD 患者影响较大的营养指标	血清白蛋白、铁蛋白、体重和病程是前四个指标，对 L4 型 CD 患者预测较为重要	Ⅰ	数据分析
KAPLAN[16]等	2022	美国	③④	7~18 岁且有活动性炎症的 IBD 患者	28/26（SCD/MSCD）	C、D、F	分别用贝叶斯 GLM 及 GLMM 对个体层面的 PROs 数据及汇总个体的结果，以获得平均治疗效果及平滑估计值	SCD 与 MSCD 之间存在差异的概率较小；SCD 症状改善、FCP 下降的概率优于 UD，MSCD 也观察到同样结果，但效果弱于 SCD	Ⅰ	数据分析
陈玉萍等[37]	2023	中国	⑤	CD 手术患者	30/30	C、E	监测组使用基于 AI 的记录仪实时记录患者肠鸣音；对照组采用传统听诊方法记录	相较于对照组，监测组患者在术后更早的开始 ONS	Ⅲ	可用性验证
HE 等[31]	2023	中国	⑥	Web of Science 核心数据库中文献	1 074	NA	借助 bibliometrix 程序对 1 074 篇文章的频率分析、关系网络分析及地理可视化分析	饮食模式对 IBD 影响的研究重点是寻找益于 IBD 的饮食模式及其与肠道菌群的关系；其中脂肪酸及肠道菌群是研究的热点	Ⅱ	可用性验证
LIMKETKAI 等[30]	2022	美国	⑦	成年 IBD 患者	691	C、F	使用无监督 K-means 聚类算法识别参与者的饮食模式	得出 5 种模式：2 种近似西方饮食，1 种类似于均衡饮食，2 种近似植物性饮食其中，近似植物饮食模式与活动性症状风险降低有关	Ⅰ	数据分析
SAMAAN 等[17]	2023	美国	⑧	IBD 患者提出的营养问题	88	G	验证 ChatGPT4 回答 IBD 患者营养问题的正确性、充分性及可重复性	纳入 88 个问题，ChatGPT4 对 73 个问题回答正确，61 个问题回答正确且全面，15 个回答包含错误 / 过时的内容。对 81 个问题提供可重复性回答	Ⅱ	可用性验证
RUBIN 等[26]	2023	美国	⑨	UC 论坛上与复发、症状等相关的帖子	>27 000	G	使用 AI 文本分析软件和 NLP 软件筛选出与复发相关的帖子，并分析其主题、情绪、复发症状等内容	对 12 900 篇帖子分析发现帖子最常见的主题是治疗经验、副作用及复发症状，最常讨论的主题是同伴支持及饮食建议	Ⅲ	数据分析
STEMMER 等[33]	2022	以色列	⑦⑨⑩	IBD 患者在 Twitter 发布推文	4 160	G	使用 IBM Cloud 的自然语言理解模块对推文识别主题和提取关键字，并判断发布者情绪	得到3个主题：健康与锻炼、饮食、宗教与灵性。含酒精、牛奶等刺激肠道关键词的推文消极情绪较高；与运动及治疗饮食相关的关键词积极情绪较高	Ⅱ	数据分析
SUN 等[35]	2023	中国	⑩	“克罗恩病吧”中的帖子	6 757	G	利用 LDA 主题模型分析帖子主题信息。同时随机抽取 200 条帖子，基于扎根理论方法分析	得到 5 个主题：寻求疾病信息、用药决策、心理负担、饮食和营养。有助于预测克罗恩病患者在治疗过程中的想法和担忧	Ⅲ	数据分析
JONES 等[27]	2020	加拿大	②	CD 患儿	22	C、D、F	将 132 份粪便标本中 16s ASV 和 MGS 的功能图谱作为 RF 的输入数据，构建预测治疗反应的模型	仅使用 ASV 预测治疗反应的模型有显著性；在利用 ASV 和 MGS 预测 FCP 水平发现，ASV 和 MGS 分别能够解释 17.0% 和 4.5% 的 FCP 变异水平	Ⅱ	数据分析

注：人工智能技术：①为深度神经网络（DNN），②为随机森林（RF），③为贝叶斯广义线性模型（GLM），④为贝叶斯广义混合模型（GLMM），⑤为智能设备，⑥为 bibliometrixR 语言包，⑦为机器学习（ML），⑧为 ChatGPT，⑨为自然语言处理（NLP），⑩为潜在狄利克雷分配（LDA）；数据内容：A 为食物图片，B 为营养数据：如每种食物包含的营养信息、胃肠道疾病的特殊营养需求及应避免的食物，C 为临床资料：年龄、性别、疾病类型、发病年龄、疾病活动度等，D 为实验室检查结果：如粪钙卫蛋白（FCP）、粪便肠道菌群、血生化等，E 为术后情况：首次排气时间、ONS 开始时间及耐受情况等，F 为饮食摄入情况：饮食日记或半定量 FFQ，G 为文本资料；伦理问题：Ⅰ为经过机构审查，Ⅱ为讨论伦理，Ⅲ为未讨论；SCD= 特殊碳水化合物饮食，MSCD= 调整后的 SCD 饮食，FI= 食物不耐受，SR= 持续缓解，ASV= 扩增子序列，MGS= 宏基因组测序，MDG= 基尼指数减少平均值。

和广义线性混合模型（Generalized Linear Mixed Model，GLMM）分别对个体化疗效和整体化疗效进行分析，发现 SCD 和改良的 SCD 具有改善炎症的效果，但存在较大个体差异。LIMKETKAI 等[30]利用 K-Means 聚类对 IBD 患者摄入食物进行分类，得出 5 种常见的饮食模式，进一步分析后发现增加水、蔬菜、水果摄入并减少肉类和甜食摄入有利于降低炎症风险。HE 等[31]基于人工智能程序分析与饮食治疗相关文献发现该领域的研究热点集中在不同饮食模式对 IBD 的益处和其与肠道菌群的关系。

2.3.2 协助营养评估：人工智能在 IBD 患者营养评估方面的应用可大致分为两类：分析患者对营养的态度和评估患者营养状况并给予反馈。3 项研究使用自然语言处理、潜在狄利克雷分配（Latent Dirichlet Allocation，LDA）对 IBD 患者在公共论坛发布的帖子进行主题分析[26，33，35]。RUBIN 等[26]收集 6 个 UC 论坛中发布的

表3 算法/模型临床应用的文献基本特征（n=4）
Table 3 General characteristics of algorithm/model validation studies

第一作者	发表时间（年）	国家	AI技术	构建阶段		验证阶段					伦理问题
				数据来源	构建方法	研究对象	样本量	验证方法	评价方法	应用效果	
STAWISKI等[34]	2015	波兰	①	不清楚	利用ML构建基于患者饮食和身体情况数据预测饮食相关的身体变化的模型	A，B，D，E	16	初步验证共6名成年人参与；二次验证共10例患者参与。所有参与者需记录饮食、身体状况和抑郁状况	实际值与预测值间的差异、脱落率	初步验证：实际值与模型预测值差异无统计学意义。二次验证：仅4例患者全程参与。实际值与模型预测值相关系数为0.87	Ⅰ
JACTEL等[32]	2023	美国	①	文献	将246份诱发症状食物清单与临床特征标记，并用有监督ML算法构建预测诱发肠道症状食物模型	A，D	39	参与者需完成4个阶段排除饮食。在第2、3、4阶段结合模型预测结果实施排除饮食	症状评分、参与度、保留率及依从性	81%参与者症状改善，70%参与者症状持续改善。患者参与度、保留率、依从性及满意度为95%、95%、89%、92%	Ⅲ
BROEKSTRA等[36]	2023	荷兰	②	IBD患者	构建一种能根据荷兰饮食指南评价患者饮食摄入情况的算法，并自动反馈饮食摄入量及文本建议	A	11	参与者在PHR端填写GINQ-FFQ，填写完成后将个人反馈和饮食摄入建议	深入访谈	访谈结果发现，该技术可用于饮食质量评估	Ⅱ
JATKOWSKA等[29]	2023	英国	①	61名健康成年人	参与者分为4组，每组遵循不同程度EN治疗，收集入组当天及第7天粪便。使用ML算法构建2种预测患者遵循EEN依从性模型	C	30	入组患儿均接受为期8周的EEN治疗，在第7周和恢复正常饮食4周后收集粪便标本，用于模型验证	预测准确度、灵敏度、特异度、PPV	C-GENIE模型的预测准确率为86%，其灵敏度、特异度、PPV分别为85%、88%、88%	Ⅰ

注：AI技术：①为机器学习；②为基于R语言的算法。研究对象：A为IBD患者；B为健康人；C为CD患儿；D为IBS患者；E为其他胃肠道疾病，如胰腺炎。伦理问题：Ⅰ为经过机构审查；Ⅱ为讨论伦理；Ⅲ为未讨论。NA=不适用，ML=机器学习，CI=置信区间，PHR=个人健康记录，GINQ-FFQ=格罗宁根IBD营养问卷，EEN=纯肠内营养，PPV=阳性预测值。

帖子，使用人工智能文本分析软件和NLP软件筛选与复发相关的帖子并进行文本分析，发现情绪及饮食是UC患者最常提及的复发诱因。SUN等[35]收集“克罗恩病吧”的帖子和回复，使用LDA模型并结合扎根理论方法进行文本分析，发现饮食与营养是患者最常讨论的话题。STEMMER等[33]发现当推文提及刺激肠道症状饮食时，患者负性情绪较高。此外，该研究使用前期自制的IBD患者筛选器，筛选出IBD患者在Twitter中发布的推文并在此基础上进行文本分析，有利于提高研究数据的可靠性和准确性。

3项研究[15，34，36]采用智能算法对IBD患者饮食摄入量及核心营养素精准评估并反馈。BLAJOVAN等[15]使用深度神经网络（Deep Neutral Network，DNN）构建食物图像识别模型，通过匹配食物营养数据和胃肠疾病特殊营养要求，从而模拟出营养师计算饮食营养价值的过程并给出避免/推荐建议。STAWISKI等[34]利用机器学习方法构建了根据患者营养摄入量预测饮食相关身体变化的模型，在4例IBD/IBS患者中初步应用后，其预测值的95%置信区间能够包括实际值，预测效果良好。BROEKSTRA等[36]构建的学习算法能够将患者记录的饮食记录与荷兰营养指南进行对比，并生成个性化反馈及饮食调整建议，对使用者访谈后发现尽管能够改善饮食质量，但存在易用性差、饮食建议与专业人员的建议冲突等不足。

2.3.3 辅助营养干预：3项研究[29，32，37]使用人工智能技术协助监测IBD患者饮食摄入情况。JACTEL等[32]使用有监督机器学习对文献回顾获得的246种常见诱发食物与患者临床数据进行标记，实现在输入患者临床特征后为患者预测21种高风险食物，以指导活动期IBD患者实施排除饮食，经验证后在改善症状、疾病知识和生活质量等方面具有较好效果。陈玉湖等[37]将智能肠鸣音监测工具用于CD术后患者，结果发现监测组患者的首次排气时间、开始口服营养补充（Oral Nutritional Supplements，ONS）时间、吻合口瘘及术后住院时间均较对照组短。JATKOWSKA等[29]将遵循不同程度EEN依从性的健康人粪便检测数据用于构建纯肠内营养依从性的决策树模型，将所得的2个模型应用于30例CD患儿后，筛选出的模型在区分EEN和非EEN的CD患儿中具有较好效果，有利于对EEN治疗依从性进行筛查。SAMAAN等[17]研究收集88例IBD患者提出的营养问题，用于评估ChatGPT4对这些问题回答情况，结果发现，其在正确率、全面性和可重复性方面表现良好，但部分问题的回答有错误或过时现象。

3 讨论

3.1 人工智能在IBD营养管理中领域的应用尚处于起步阶段

纳入的15项研究在时间、地区、人工智能应用范畴、研究类型上分布不均。人工智能在IBD饮食管理领域起步较晚，多在2023年和2022年发表（86.7%）；美国发表数量最多，共发表5篇[16-17，26，30，32]，其次是中国，共发表4篇[28，31，35，37]；人工智能应用范畴以

数据分析为主，共发表 7 篇[16，26，28，30，33，35-36]，其次为模型构建与验证研究，共发表 3 篇[29，32，34]；纳入文献中以回顾性研究和队列研究为主。研究内容以探索饮食与疾病关系和营养评估为主，仅 5 篇[29，32，34，36-37]文献验证了人工智能在营养预测及营养干预中的临床应用效果。可见，随着人工智能与医学的融合发展，人工智能在 IBD 营养管理领域中的应用仍处于起步阶段。然而，智能化饮食评估系统、食物推荐系统、可穿戴设备等已在糖尿病、肥胖等慢性非传染性疾病[38-42]中广泛应用的技术，目前在 IBD 饮食管理领域的应用较少。此外，人工智能在营养领域的效果评价主要通过准确性、特异性、阳性预测值、阴性预测值等模型评价指标呈现，而这些指标不一定是临床适用性的最佳指标[43]。因此，未来研究仍需加强人工智能在 IBD 营养管理中的应用并纳入其在临床实际应用的效果综合评价人工智能的应用效果。

3.2 人工智能在处理营养相关数据及临床数据方面展现出强大优势

随着数字信息技术和大数据的飞速发展，人工智能依靠其强大的数据处理能力，在 IBD 营养管理领域展示了独特的优势。相较于传统统计学方法，人工智能能够根据研究目的处理日益复杂的学习任务并提取数据特征[44]，因此适用于分析大样本回顾性数据、随访数据中饮食与疾病间的复杂关系，促进对 IBD 患者有益的饮食模式的探索[16，30-31]。此外，利用机器学习算法基于患者粪便检测、肠道微生物、血液检测等数据构建预测模型，在帮助临床医务人员监测 IBD 患者 EEN 治疗依从性[27，29]、指导患者合理避免诱发症状食物[32]具有良好的应用前景。IBD 患者常用的营养评估方法为饮食日记法，但结果受到依从性和准确性限制[45]，而基于深度神经网络的食物图像识别系统则能够客观、快速评估 IBD 患者食物和相关营养素的摄入量[15]。ChatGPT 是一项基于大语言模型（Large Language Models，LLMs）的技术，不仅能够提供优于人类水平的高质量回复，还能够根据上下文互动，在医学领域得到广泛应用[46-47]。SAMAAN 等[17]的研究验证了 ChatGPT 在回答 IBD 患者常见的饮食问题中正确率、可重复性均较为理想，未来或可辅助医务人员向患者提供饮食营养教育，提高患者营养素养。

3.3 对未来研究的启示

人工智能在 IBD 营养管理领域应用较少，且尚处于起步阶段。研究多处于设计、开发和构建阶段，缺少对临床应用实际效果的研究。未来可从以下 3 个方面进行深入探析：（1）加强人工智能与 IBD 营养管理领域的交叉融合：该研究领域的现有研究大多应用机器学习完成，自然语言处理、计算机视觉等人工智能技术的应用较为缺乏，未来研究可组建医学、护理学、计算机科学等领域专家领域开展跨学科研究，共同致力于人工智能在 IBD 营养管理领域的应用。（2）提高饮食摄入评估精确度：本研究中纳入的文献使用的数据以回顾性研究为主，数据的时效性和准确性等问题仍亟待解决。此外，大部分使用患者报告结局（patient-reported outcomes，PRO）作为数据来源，受到测评工具、患者配合程度、霍桑效应等的影响，数据的真实性、准确性较难保障。数据作为人工智能的基石，不真实、不准确的临床数据在很大程度上会削弱算法的可靠性。相较于传统食物评估方法，食物图像识别辅助系统有利于提高食物评估的准确度，然而其在 IBD 营养管理领域应用较少，未来研究可加强其在 IBD 领域的应用。（3）建立 IBD 患者食物推荐系统：排除饮食、FODMAP 饮食、SCD 饮食在 IBD 患者营养管理领域中的作用已被大量研究证实，未来研究可基于现有膳食营养指南，建立适用于 IBD 患者的食物推荐系统，促进 IBD 患者营养管理。（4）注重伦理及隐私保护：随着数据挖掘、数据采集等技术的不断发展，患者隐私和知情同意权的保障面临极大风险。未来研究应注重个人数据的隐私和安全，确保合乎伦理和法律法规的使用和保护数据。

4 小结

本研究对人工智能在 IBD 患者营养管理领域中的相关研究进行了分析，总结了人工智能应用于 IBD 患者营养管理领域的人工智能技术、应用方法、应用效果及评价指标等。总的来说，人工智能已经应用到 IBD 患者营养管理领域的多个方面，显示出良好的结果和广泛的应用前景。但其在多学科交叉融合、数据质量评估、应用效果评价等方面仍存在不足，今后研究应科学运用人工智能技术，进一步扩展其在该领域中的应用。

作者贡献：李伊婷、徒文静负责论文的构思与设计、撰写与修订；尹婷婷、梅紫琦、王萌负责文献的收集与整理；张苏闵负责论文的可行性分析；徐桂华负责论文的质量控制及校审，并对论文整体负责，监督管理；李伊婷负责论文的英文修订；所有作者确认了论文的最终稿。

本文无利益冲突。

李伊婷：https://orcid.org/0000-0003-0344-1066
徐桂华：https://orcid.org/0009-0002-2623-4991

参考文献

[1] SHAO B L，YANG W J，CAO Q. Landscape and predictions of inflammatory bowel disease in China：China will enter the Compounding Prevalence stage around 2030［J］. Front Public Health，2022，10：1032679. DOI：10.3389/fpubh.2022.1032679.

[2] ADOLPH T E, ZHANG J W. Diet fuelling inflammatory bowel diseases: preclinical and clinical concepts[J]. Gut, 2022, 71(12): 2574-2586. DOI: 10.1136/gutjnl-2021-326575.
[3] 李明松，石汉平，杨桦. 中国炎症性肠病饮食管理专家建议[J]. 中华消化病与影像杂志：电子版，2021，11（3）：97-105. DOI：10.3877/cma.j.issn.2095-2015.2021.03.001.
[4] BISCHOFF S C, BAGER P, ESCHER J, et al. ESPEN guideline on Clinical Nutrition in inflammatory bowel disease [J]. Clin Nutr, 2023, 42 (3): 352-379. DOI: 10.1016/j.clnu.2022.12.004.
[5] SOOD A, AHUJA V, KEDIA S, et al. Diet and inflammatory bowel disease: the Asian Working Group guidelines [J]. Indian J Gastroenterol, 2019, 38 (3): 220-246. DOI: 10.1007/s12664-019-00976-1.
[6] LI Y T, TU W J, YIN T T, et al. 'Food doesn't control me anymore!' psychosocial experiences during dietary management in adults with inflammatory bowel disease: a qualitative study [J]. J Clin Nurs, 2024. DOI: 10.1111/jocn.17327.
[7] RINES J, DALEY K, LOO S, et al. A patient-led, peer-to-peer qualitative study on the psychosocial relationship between young adults with inflammatory bowel disease and food [J]. Health Expect, 2022, 25 (4): 1486-1497. DOI: 10.1111/hex.13488.
[8] ZICKGRAF H F, LOFTUS P, GIBBONS B, et al. "If I could survive without eating, it would be a huge relief": development and initial validation of the Fear of Food Questionnaire [J]. Appetite, 2022, 169: 105808. DOI: 10.1016/j.appet.2021.105808.
[9] 尹婷婷，徒文静，张苏闽，等. 炎症性肠病患者食物素养与避免/限制性食物摄入障碍的相关性研究[J]. 中国全科医学，2024，27（12）：1445-1451. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2023.0503.
[10] DAY A S, YAO C K, COSTELLO S P, et al. Food avoidance, restrictive eating behaviour and association with quality of life in adults with inflammatory bowel disease: a systematic scoping review [J]. Appetite, 2021, 167: 105650. DOI: 10.1016/j.appet.2021.105650.
[11] JABŁOŃSKA B, MROWIEC S. Nutritional status and its detection in patients with inflammatory bowel diseases [J]. Nutrients, 2023, 15 (8): 1991. DOI: 10.3390/nu15081991.
[12] ZEEVI D, KOREM T, ZMORA N, et al. Personalized nutrition by prediction of glycemic responses [J]. Cell, 2015, 163 (5): 1079-1094. DOI: 10.1016/j.cell.2015.11.001.
[13] STEFANIDIS K, TSATSOU D, KONSTANTINIDIS D, et al. PROTEIN AI advisor: a knowledge-based recommendation framework using expert-validated meals for healthy diets [J]. Nutrients, 2022, 14 (20): 4435. DOI: 10.3390/nu14204435.
[14] KARAKAN T, GUNDOGDU A, ALAGÖZLÜ H, et al. Artificial intelligence-based personalized diet: a pilot clinical study for irritable bowel syndrome [J]. Gut Microbes, 2022, 14 (1): 2138672. DOI: 10.1080/19490976.2022.2138672.
[15] BLAJOVAN B L, CHIRILĂ O S, STĂNESCU D, et al. FoodMedicine-android-based food recognition app for guiding patients with nutritional diseases [C] //2023 27th International Conference on System Theory, Control and Computing (ICSTCC). Timisoara, Romania. IEEE, 2023: 167-172. DOI: 10.1109/ICSTCC59206.2023.10308507.
[16] KAPLAN H C, OPIPARI-ARRIGAN L, YANG J B, et al. Personalized research on diet in ulcerative colitis and Crohn's disease: a series of N-of-1 diet trials [J]. Am J Gastroenterol, 2022, 117 (6): 902-917. DOI: 10.14309/ajg.0000000000001800.
[17] SAMAAN J S, ISSOKSON K, FELDMAN E, et al. Artificial intelligence and patient education: examining the accuracy and reproducibility of responses to nutrition questions related to inflammatory bowel disease by GPT-4 [Z]. 2023. DOI: 10.1101/2023.10.28.23297723.
[18] BRIEN S E, LORENZETTI D L, LEWIS S, et al. Overview of a formal scoping review on health system report cards [J]. Implement Sci, 2010, 5: 2. DOI: 10.1186/1748-5908-5-2.
[19] ARKSEY H, O'MALLEY L. Scoping studies: towards a methodological framework[J]. Int J Soc Res Methodol, 2005, 8(1): 19-32. DOI: 10.1080/1364557032000119616.
[20] TRICCO A C, LILLIE E, ZARIN W, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): checklist and explanation [J]. Ann Intern Med, 2018, 169 (7): 467-473. DOI: 10.7326/M18-0850.
[21] SOSA-HOLWERDA A, PARK O H, ALBRACHT-SCHULTE K, et al. The role of artificial intelligence in nutrition research: a scoping review [J]. Nutrients, 2024, 16 (13): 2066. DOI: 10.3390/nu16132066.
[22] 曾华堂，柯夏童，伍丽群，等. 人工智能在医疗质量管理中应用现状和效果范围综述[J]. 中国医院管理，2023，43（8）：21-26.
[23] CHEN X X, WANG X M, ZHANG K, et al. Recent advances and clinical applications of deep learning in medical image analysis [J]. Med Image Anal, 2022, 79: 102444. DOI: 10.1016/j.media.2022.102444.
[24] The Lancet. Artificial intelligence in health care: within touching distance [J]. Lancet, 2017, 390 (10114): 2739. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)31540-4.
[25] LOCKWOOD C, DOS SANTOS K B, PAP R. Practical guidance for knowledge synthesis: scoping review methods [J]. Asian Nurs Res, 2019, 13 (5): 287-294. DOI: 10.1016/j.anr.2019.11.002.
[26] RUBIN D T, TORRES J, DOTAN I, et al. An insight into patients' perspectives of ulcerative colitis flares via analysis of online public forum posts [J]. Inflamm Bowel Dis, 2023: izad247. DOI: 10.1093/ibd/izad247.
[27] JONES C M A, CONNORS J, DUNN K A, et al. Bacterial taxa and functions are predictive of sustained remission following exclusive enteral nutrition in pediatric Crohn's disease [J]. Inflamm Bowel Dis, 2020, 26 (7): 1026-1037. DOI: 10.1093/ibd/izaa001.
[28] PAN J F, FU D N, LI Y, et al. Body weight, serum albumin and food intolerance were linked to upper gastrointestinal Crohn's disease: a 7-year retrospective analysis [J]. Ann Transl Med, 2020, 8 (21): 1370. DOI: 10.21037/atm-20-2212.
[29] JATKOWSKA A, WHITE B, NICHOLS B, et al. Development and validation of the Glasgow exclusive enteral nutrition index of

compliance [J]. J Crohns Colitis, 2023, 17 (9): 1426-1435. DOI: 10.1093/ecco-jcc/jjad063.

[30] LIMKETKAI B N, HAMIDEH M, SHAH R, et al. Dietary patterns and their association with symptoms activity in inflammatory bowel diseases [J]. Inflamm Bowel Dis, 2022, 28 (11): 1627-1636. DOI: 10.1093/ibd/izab335.

[31] HE H D, LIU C, CHEN M L, et al. Effect of dietary patterns on inflammatory bowel disease: a machine learning bibliometric and visualization analysis [J]. Nutrients, 2023, 15 (15): 3442. DOI: 10.3390/nu15153442.

[32] JACTEL S N, OLSON J M, WOLIN K Y, et al. Efficacy of a digital personalized elimination diet for the self-management of irritable bowel syndrome and comorbid irritable bowel syndrome and inflammatory bowel disease [J]. Clin Transl Gastroenterol, 2023, 14 (1): e00545. DOI: 10.14309/ctg.0000000000000545.

[33] STEMMER M, PARMET Y, RAVID G. Identifying patients with inflammatory bowel disease on twitter and learning from their personal experience: retrospective cohort study [J]. J Med Internet Res, 2022, 24 (8): e29186. DOI: 10.2196/29186.

[34] STAWISKI K, STRZAŁKA A, PUŁA, et al. PancreApp: an innovative approach to computational individualization of nutritional therapy in chronic gastrointestinal disorders [J]. Stud Health Technol Inform, 2015, 216: 325-328.

[35] SUN S P, HU Y H, LI H, et al. Patients' perspectives on, experience with and concerns about Crohn's disease: insights from Chinese social media [J]. BMC Gastroenterol, 2023, 23 (1): 105. DOI: 10.1186/s12876-023-02747-x.

[36] BROEKSTRA R, CAMPMANS-KUIJPERS M J E, DIJKSTRA G, et al. Personal health record for personalizing research and care trajectories: a proof of concept pilot with diet in inflammatory bowel diseases [J]. J Pers Med, 2023, 13 (4): 601. DOI: 10.3390/jpm13040601.

[37] 陈玉萍，徐海利，戴益，等. 人工智能肠鸣音监测在克罗恩病患者术后进食时机判断的应用研究 [J]. 中华普通外科杂志，2023，38 (8)：595-599. DOI：10.3760/cma.j.cn113855-20221109-00696.

[38] MOYEN A, RAPPAPORT A I, FLEURENT-GRÉGOIRE C, et al. Relative validation of an artificial intelligence-enhanced, image-assisted mobile app for dietary assessment in adults: randomized crossover study [J]. J Med Internet Res, 2022, 24 (11): e40449. DOI: 10.2196/40449.

[39] YERA R, ALZAHRANI A A, MARTÍNEZ L, et al. A systematic review on food recommender systems for diabetic patients [J]. Int J Environ Res Public Health, 2023, 20 (5): 4248. DOI: 10.3390/ijerph20054248.

[40] AHMED A, AZIZ S, ABD-ALRAZAQ A, et al. Overview of artificial intelligence-driven wearable devices for diabetes: scoping review [J]. J Med Internet Res, 2022, 24 (8): e36010. DOI: 10.2196/36010.

[41] CHEW H S J, ANG W H D, LAU Y. The potential of artificial intelligence in enhancing adult weight loss: a scoping review [J]. Public Health Nutr, 2021, 24 (8): 1993-2020. DOI: 10.1017/S1368980021000598.

[42] YANG L, HSIEH C K, YANG H, et al. Yum-me: a personalized nutrient-based meal recommender system [J]. ACM Trans Inf Syst, 2017, 36 (1): 7. DOI: 10.1145/3072614.

[43] VON GERICH H, MOEN H, BLOCK L J, et al. Artificial Intelligence-based technologies in nursing: a scoping literature review of the evidence [J]. Int J Nurs Stud, 2022, 127: 104153. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2021.104153.

[44] HUNTER D J, HOLMES C. Where medical statistics meets artificial intelligence [J]. N Engl J Med, 2023, 389 (13): 1211-1219. DOI: 10.1056/NEJMra2212850.

[45] 熊欢. 炎症性肠病病人饮食限制行为研究进展 [J]. 护理研究，2022，36 (11)：1963-1966. DOI：10.12102/j.issn.1009-6493.2022.11.014.

[46] YEO Y H, SAMAAN J S, NG W H, et al. Assessing the performance of ChatGPT in answering questions regarding cirrhosis and hepatocellular carcinoma [J]. Clin Mol Hepatol, 2023, 29 (3): 721-732. DOI: 10.3350/cmh.2023.0089.

[47] DAVE T, ATHALURI S A, SINGH S. ChatGPT in medicine: an overview of its applications, advantages, limitations, future prospects, and ethical considerations [J]. Front Artif Intell, 2023, 6: 1169595. DOI: 10.3389/frai.2023.1169595.

（收稿日期：2024-06-10；修回日期：2024-08-13）
（本文编辑：贾萌萌）